

УДК 624.943

К.С. Топоркова

Харківський національний університет міського господарства імені О.М.Бекетова,
Україна

СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИЙ ПРОСТОРОВИЙ КАРКАС СПЕЦІАЛЬНОГО ТИПУ

Розроблена ефективна архітектурно-будівельна система для зведення будівель і споруд різного призначення, що представляє собою металевий каркас повного заводського виготовлення, що збирається в просторову систему на високоміцних болтах і сталезалізобетонного диска перекриття із застосуванням попередньо-напружених залізобетонних багатопустотних плит перекриття безопалубочного формування.

Ключові слова: просторовий каркас, сталезалізобетонний диск перекриття, попередньо-напружені плити безопалубочного формування.

Постановка проблеми

Однією з основних задач сучасного будівництва є підвищення ефективності об'єктів проектування при максимальному заощадженні матеріальних витрат за рахунок поліпшення будівельних та експлуатаційних якостей споруд, а також зниження матеріаломісткості, що в свою чергу веде до зменшення вартості будівництва. Пошук нових конструктивних рішень, а також технологій їх реалізації, що дозволяють мінімізувати як трудові, так і фінансові ресурси при зведенні будівельних об'єктів стає необхідним критерієм при виборі одного з методів сучасного будівництва.

Будівництво каркасних систем із застосуванням сталезалізобетонних перекриттів для зведення висотних будівель і споруд набирає все більшої популярності через їх конструктивні і технологічні переваги та багатифункціональність на ряду з іншими системами.

Серед суттєвих переваг цих конструкцій можна відзначити такі як мінімізація витрат сталі, а відповідно і зниження собівартості конструкції; підвищення жорсткості завдяки утворення диска перекриття; зменшення ваги; простота вузлів з'єднання. Завдяки тому, що основні конструктивні елементи виготовляються на заводі, істотно скорочується час монтажу і зменшується тривалість збірки на будівельному майданчику, незалежно від погодних умов, що економить робочий час. Крім того, висока несуча здатність сталезалізобетонного перекриття дозволяє створювати каркаси з великим кроком основних несучих елементів та розрахунковим навантаженням, як для цивільних, так і для виробничих будівель і споруд.

Сказане послужило приводом для створення нової конструктивної системи «ПК» (аббревіатура плити і каркас), що об'єднує металевий каркас на

високоміцних болтах та сталезалізобетонний диск перекриття із застосуванням попередньо-напружених залізобетонних багатопустотних плит перекриття безопалубочного формування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Впровадження в будівництво сталезалізобетонних конструкцій та постійне вдосконалення їх властивостей відображено у багатьох наукових дослідженнях, як в Україні, так і за її межами. Розрахунок і проектування конструкцій, що поєднують в собі різномірні матеріали (сталевий прокат, залізобетон), представляє собою досить складну задачу, для вирішення якої необхідно враховувати механічні властивості матеріалу, специфіку роботи елементів конструкції під навантаженням, наявність допоміжних елементів для забезпечення спільної роботи системи в цілому [1, 2]. Крім того, необхідно врахувати конструктивні та технологічні особливості поєднуваних елементів, застосовуючи розрахункові моделі та програмно-обчислювальні комплекси, які дозволяють вирішити завдання з достатньою для практичних цілей точністю.

Питання сумісної роботи металевих каркасів та сталезалізобетонного диска перекриття представлено у роботах вітчизняних вчених, таких як Л.К.Лукша, Ф.Є.Клименко, Н.Н.Стрелецький, Е.Д.Чихладзе, А.М.Бамбура, А.И.Голоднов, К.А.Голоднов, А.П.Іванов, О.В.Кондратюк.

Метою цієї статті є створення нової конструктивної системи з раціональними параметрами на основі вивчення особливостей спільної роботи металевих каркасів та сталезалізобетонного перекриття.

Виклад основного матеріалу

Залежно від функціонального призначення каркаса будівлі можна виділити два основних варіанти реалізації системи «ППК»: каркас із великим кроком основних несучих елементів та з малим кроком (табл.1). Незважаючи на варіативність запропонованих схем, основний принцип роботи елементів та їх конструктивні та технологічні особливості мають близький характер.

Таблиця 1

Характеристики каркасів

Параметри	Каркас із малим кроком	Каркас із великим кроком
Можливий крок (м)	3,6x3,6; 3,6x4,2; 4,2x4,2; 4,2x6; 6x6	6x9; 9x9; 9x12; 12x12
Висота поверху	Залежно від об'ємно-планувального рішення	
Поверховість	До 6 поверхів	До 10 поверхів
Тип будівлі	Цивільні	Виробничі
Розрахункове навантаження	800 кг/м ²	1200 кг/м ²

Доцільність застосування запропонованої системи, незалежно від її призначення, для зведення, як одноповерхових, так і багатоповерхових будівель і споруд обумовлена її особливостями, а саме:

- колони і ригелі представляють собою перфоровані безвідходні елементи повного заводського виготовлення, які утворюють єдину просторову систему за рахунок застосування високоміцних болтів;
- залізобетонні попередньо-напружені збірні багатопустотні плити безопалубочного формування;
- невелика власна вага елементів;
- відсутність елементів, що виступають з площини підлог і стель (псевдобезригельний каркас);
- швидкий монтаж за рахунок застосування елементів повного заводського виготовлення та мінімізації зварювальних робіт на будівельному майданчику, що веде до зниження трудомісткості роботи на всіх етапах технологічних операцій, і в свою чергу мінімізує вартість будівництва;
- необмежена комбінаторика архітектурно-будівельних рішень (за рахунок довільного вибору розмірів кроків і прольотів);
- цілорічна можливість проведення будівельно-монтажних робіт, за рахунок застосування матеріалів, що не потребують допоміжних людських і фінансових ресурсів, які в свою чергу суттєво впливають на вартість і терміни виконання робіт

Запропонована система представляє собою сполучення металевих колон і ригелів,

розташованих в одній площині в двох (не обов'язково перпендикулярних) напрямках [3] (рис.1).

При цьому, ригелі і колони можуть бути виконані з перфорацією стінок, що виготовляються по безвідходній технології з прокатних профілів, стінки яких розрізають по спеціальній траєкторії [4]. Основними перевагами таких металевих балок є легкість, що в свою чергу веде до зменшення собівартості елементів (25-30% -ва економія металу в порівнянні зі звичайними конструкціями), підвищена несуча здатність, гранична жорсткість і високі експлуатаційні характеристики. Крім цього, збільшена висота стелі (перекриття) дозволяє оптимально розмістити в наскрізних отворах балок і вільному просторі технологічні комунікації під час будівництва.

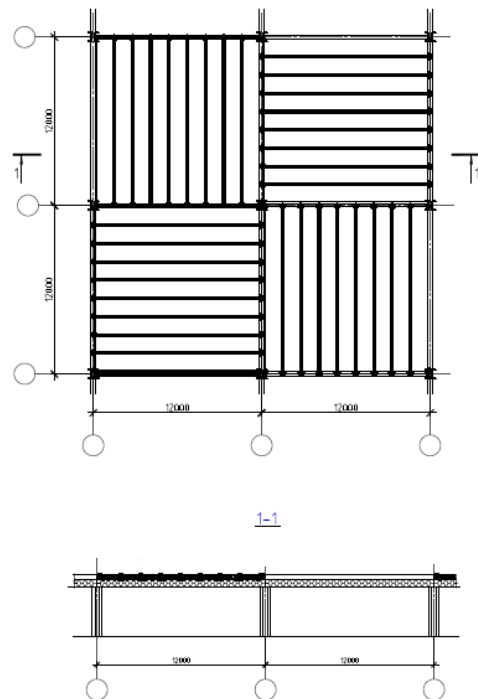


Рис. 1. Запропонована система «ППК»

Сполучення основних несучих конструктивних елементів виконується на високоміцних болтах в будівельних умовах, що забезпечує міцність і жорсткість з'єднувальних елементів (рис. 2).

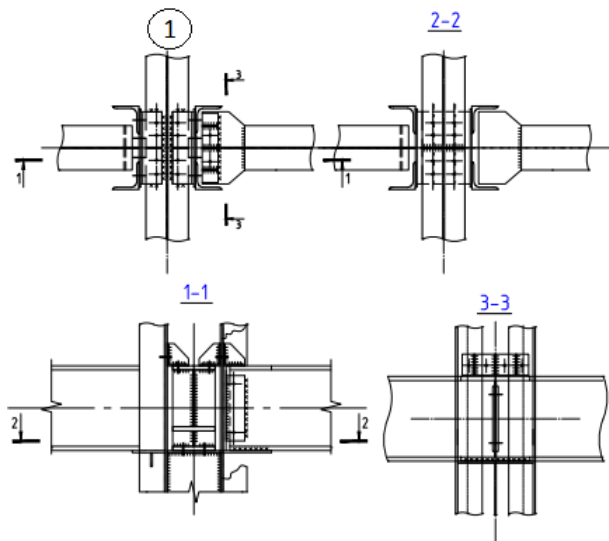


Рис. 2. Вузли з'єднання основних несучих елементів

Перекриття металевих каркасів становить собою сталезалізобетонний диск [5], що працює як квазімонолітна система, яка сполучає залізобетонні попередньо-напружені багатопустотні плити безопалубочного формування з просторовими арматурними каркасами, що встановлюються в проміжки між плитами із заповненням пустот дрібнозернистим бетоном на напружуючому цементі [6, 7] (рис.3).

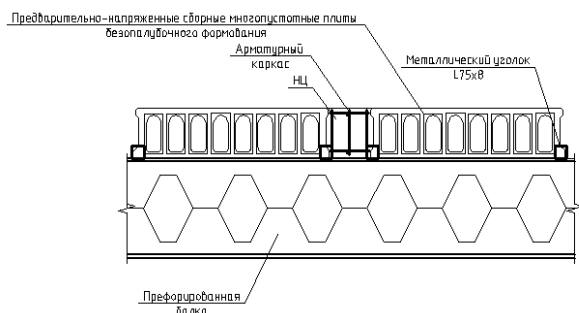


Рис. 3. Сталезалізобетонний диск перекриття

Плити перекриття встановлюються у ложементи, що представляють собою металеві куточки, розвернуті стінками один до одного, що забезпечує фіксацію плити перекриття.

Арматурні каркаси в свою чергу закріплюються до куточків, що забезпечує спільну роботу диска перекриття. Проміжок між плитами перекриття заповнюється дрібнозернистим бетоном на напружуючому цементі. Запропонований бетон володіє підвищеною міцністю при вигині, водонепроникністю і морозостійкістю. Наведена система не допускає ковзання плит [8].

Для зменшення навантаження на ригель в 2 рази плити перекриття в суміжних комірках розгорнуті на 90 °, що в свою чергу в 2 рази зменшує навантаження на ригель і безпосередньо визначає розмір перерізу ригеля (ступеня його

перфорації), тобто формує його вагу [9] (рис. 4). Даний факт знаходить своє відображення у відомому афоризмі Р. Б. Фуллера: «Якщо ви хочете встановити ступінь досконалості будівлі - зважте його».

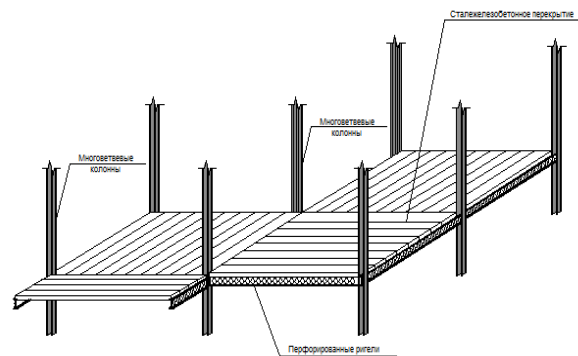


Рис. 4. Просторова модель системи «ПК»

Крім того, за рахунок застосування бетону підвищеної міцності (С30/35 і вище) в збірних плитах перекриття вдалося уникнути застосування робочої поперечної арматури і всіх видів конструктивної арматури, що значно здешевлює вартість плит.

Конструктивна схема несучого каркасу може бути зв'язкова, або рамно-зв'язкова. Стійкість і жорсткість металевих каркасів забезпечується сталезалізобетонним перекриттям і діафрагмами жорсткості (здвоєний ригель, сталеві зв'язки - порталні або хрестові з наступною закладкою піноблоком або цеглою).

Отже, металевий каркас запропонованої системи об'єднується з сталезалізобетонним перекриттям таким чином, при якому стає можливою їх спільна робота.

Для аналізу напружено-деформованого стану системи був проведений розрахунок каркаса з кроком основних несучих елементів 12 метрів у двох напрямках.

Всі навантаження були прийняті відповідно до ДБН В.1.2-2: 2006 Навантаження і впливи. Навантаження були обумовлені наступними складовими: навантаження: від ваги конструкцій, корисне навантаження та вітрове навантаження, яке застосовувалося до торцевих сторін каркасу (рис. 5). Загальна вага конструкції складається з ваги металевих каркасів, сталезалізобетонного перекриття, зварювальних елементів та з'єднань. Навантаження від відсутніх елементів було враховано, використовуючи коефіцієнт 1,3 до загальної ваги металевої рами.

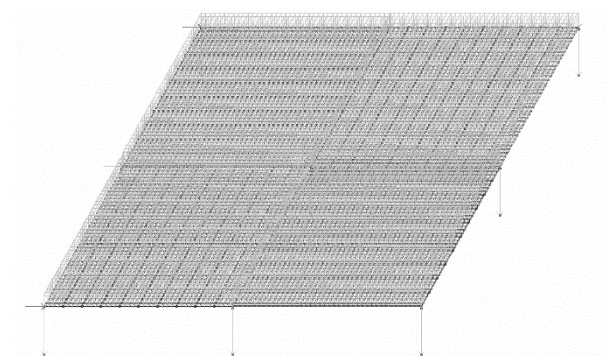


Рис. 5. Система навантаження просторової рами

При розрахунку стійкості системи застосовано коефіцієнт стійкості 2,57. Цей коефіцієнт гарантує ефективність роботи каркасу навіть при екстремальних навантаженнях без втрати стійкості системи [10].

Аналіз напружено-деформованого стану показує, що конструктивне напруження в структурних елементах не перевищує допустимих значень, а конструктивні деформації, що виникають в каркасі під дією навантажень, не перевищують дозволених відхилень (рис. 6).

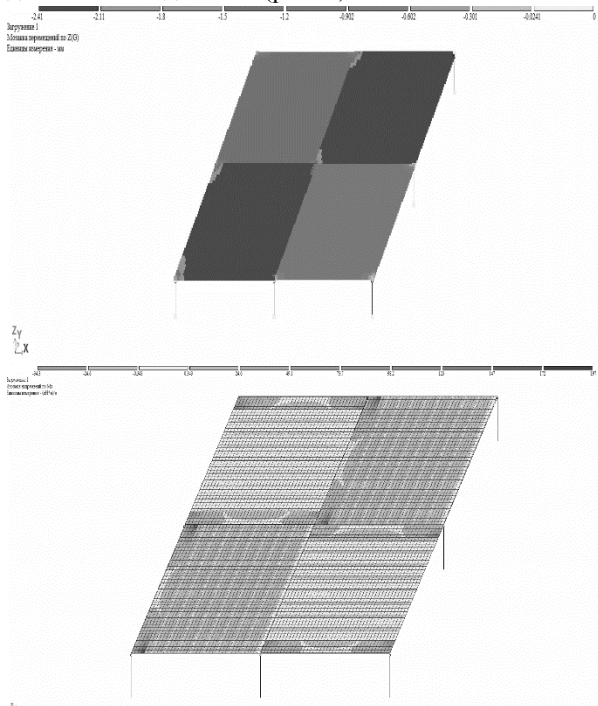


Рис. 6. Аналіз напружено-деформованого стану системи

Головною ідеєю системи «ПіК» є створення будівель з каркасом з кроком основних несучих елементів в залежності від його призначення, яке дозволить реалізовувати легку трансформацію, включаючи перепланування і перепрофілювання, організацію в разі необхідності паркінгів, стоянок вбудованих, або окремо розташованих, торгових площ.

Система «ПіК» призначена для зведення високоплотної забудови, житлових будинків, готельних комплексів, офісів, мотелів, об'єктів соціального побуту та охорони здоров'я, трьох-чотирьох поверхових гаражних стоянок для легкового автотранспорту, котеджів, лікувально-курортних споруд та інших об'єктів житлово-цивільного призначення.

Висновки

Аналіз конструктивної системи «ПіК», особливості її роботи, а також управління напружено-деформованим станом системи та методами раціоналізації параметрів дозволило створити просторовий металевий каркас, в якому можна не тільки мінімізувати витрати матеріалів, але і при цьому скоротити строки будівництва, підвищити продуктивність праці та зменшити трудоемкість за рахунок використання матеріалів високої заводської готовності, а також швидкого монтажу всіх технологічних процесів. Дані переваги пропонованого рішення визначають необхідність апробації системи на будівельному майданчику та повноцінного впровадження в будівельну галузь.

Література

1. Анишин, Л. 3. Сталежелезобетонные конструкции перекрытий и покрытий гражданских зданий [Текст] / Л.Анишин // Промышленное строительство. – 1979. – №. 5. – С. 14-15.
2. Johnson, R. P. (2008). *Composite structures of steel and concrete: beams, slabs, columns, and frames for buildings*. John Wiley & Sons.
3. Ramaswamy, G. S., Eekhout, M. (2002). *Analysis, design and construction of steel space frames*. Thomas Telford.
4. Tsavdaridis, K. D., D'Mello, C. (2012). *Optimisation of novel elliptically-based web opening shapes of perforated steel beams*. *Journal of Constructional Steel Research*, 76, 39-53.
5. Замалиев, Ф. С. К расчету сталежелезобетонного перекрытия как ортотропной плиты [Текст] / Ф.С. Замалиев, Р.А. Каюмов // Известия Казанского государственного архитектурно - строительного университета. – 2014. – №. 1. – С. 94-99.
6. Kirsch, U. (1973). *Optimum design of prestressed plates*. *Journal of the Structural Division*, 99 (6), 1075-1090.
7. Garden, H. N., Hollaway, L. C., & Thorne, A. M. (1998). *The reinforcing and deformation behavior of reinforced concrete beams is upgraded using prestressed composite plates*. *Materials and Structures*, 31 (4), 247-258.
8. Тамразян, А. Г. Рациональное распределение жесткости плит по высоте здания с учетом работы перекрытия на сдвиг. [Текст] / А.Г. Тамразян, Е.А. Филимонова // Вестник МГСУ. – 2013. – №. 11.
9. Шмуклер, В. С. Каркасные системы облегченного типа. [Текст] / В.С. Шмуклер, Ю.А. Климов, Н.П. Бурак – 2008.
10. Spacone, E., El-Tawil, S. (2004). *Nonlinear analysis of steel-concrete composite structures: State of the art*. *Journal of Structural Engineering*, 130 (2), 159-168.

References

1. Anshin, L. Z. (1979). *Steel-concrete structures of overlappings and coatings of civil buildings. Industrial construction*, (5), 14-15.
2. Johnson, R.P. (2008). *Composite structures of steel and concrete: beams, slabs, columns, and frames for buildings*. John Wiley & Sons.
3. Ramaswamy, G. S., & Eekhout, M. (2002). *Analysis, design and construction of steel space frames*. Thomas Telford
4. Tsavdaridis, K. D., & D'Mello, C. (2012). *Optimisation of new elliptically-based web open shapes of perforated steel beams*. *Journal of Structural Steel Research*, 76, 39-53.
5. Zamaliev, F. S., & Bikkinin, E. G. (2014). *To the calculation of steel reinforced concrete slabs reinforced with ribs. Information from the Kazan State Architectural and Construction University*, (3), 27-31.
6. Kirsch, U. (1973). *Optimum design of prestressed plates*. *Journal of the Structural Division*, 99 (6), 1075-1090.
7. Garden, H. N., Hollaway, L. C., & Thorne, A. M. (1998). *The reinforcing and deformation behavior of reinforced concrete beams is upgraded using prestressed composite plates*. *Materials and Structures*, 31 (4), 247-258.
8. Tamrazyan, AG, & Filimonova, EA (2013). *Rational distribution of the rigidity of the slabs on the height of the building, taking into account the work of the overlay for the shift*. *Bulletin of Moscow State University of Social Sciences*, (11).
9. Shmukler, V. S., Klimov, Yu. A., & Burak, N.P. (2008). *Frame-type systems of the light type*.
10. Spacone, E. & El-Tawil, S. (2004). *Nonlinear analysis of steel-concrete composite structures: State of the art*. *Journal of Structural Engineering*, 130 (2), 159-168.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.С. Шмуклер, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна.

Автор: ТОПОРКОВА Катерина Сергіївна
аспірант
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – tes290692@gmail.com

STEEL-CONCRETE SPACE FRAME OF A SPECIAL TYPE

K. Toporkova

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

The new system in the form of steel-concrete structural constructions of a special type is considered in paper. This system is a metal frame of complete factory production, which is collected in the spatial system on high-strength bolts and steel-reinforced concrete floor overlap using pre-stressed reinforced concrete multi-hollow floor slabs formed without timbering. A computer simulation was performed in the finite and elemental form, taking into account the compatibility of the deformation of the steel concrete section (prefabricated floor) and the metal elements (perforated cross beams and multilayer columns). At the same time, the indicated model allows us to evaluate the joint work of the above-mentioned elements, carried out with the help of a special system of shear links. The application of these systems is reflected in the constructed objects.

Keywords: spatial frame, steel-concrete slab block, pre-stressed slabs formed without timbering